

PENENTUAN SKALA PRIORITAS LOKASI SUMBER AIR BAKU BAGI PDAM KOTA PONTIANAK

Dedi Kurniawan

Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
e-mail: dedikurniawan36@gmail.com

ABSTRACT

Sungai Ambawang, Sungai Bawas, Sungai Benuah maupun Danau Lait merupakan salah satu sumber air baku yang bisa dimanfaatkan oleh penduduk setempat, namun masih perlu dikaji ulang untuk dijadikan salah satu sumber air baku bagi PDAM Kota Pontianak. Oleh karena itu sampai kajian ini dilakukan, Sungai Ambawang, Sungai Bawas, Sungai Benuah maupun Danau Lait belum memiliki sarana dan prasarana penyediaan air bersih yang memadai, pendistribusian yang ada saat ini berupa hasil dari swadaya masyarakat tanpa teknik pendistribusian yang baik yakni tanpa menggunakan sistem tampungan, transmisi dan pengolahan.

Skripsi ini berisi tentang Penentuan Skala Prioritas Lokasi Sumber Air Baku Bagi PDAM Kota Pontianak sampai dengan tahun 2031. Dari analisa kebutuhan air dan ketersediaan air didapatkan nilai debit andalan 99% dari masing-masing sumber air baku adalah untuk sungai Ambawang 1.712.070 lt/det dimana debit tersebut masih memadai kebutuhan air penduduk sebesar 4.620,55 lt/det, Sungai Bawas 4.597,40 lt/det dimana debit tersebut tidak memenuhi kebutuhan air penduduk sebesar 4.620,55 lt/det, Sungai Benuah 4.597,40 lt/det dimana debit tersebut tidak memenuhi kebutuhan air penduduk sebesar 4.620,55 lt/det sedangkan untuk Danau Lait 24.890,69 lt/det dimana debit tersebut masih dapat memenuhi kebutuhan air penduduk sebesar 4.620,55 lt/det.

Dari hasil keseluruhan analisa disimpulkan bahwa Sungai Ambawang dan Danau Lait dapat dijadikan sebagai sumber air baku bagi PDAM Kota Pontianak dengan catatan kondisi lingkungan disekitarnya harus tetap dijaga kelestariannya agar kualitas, kuantitas dan kontinuitas air nya dapat selalu terpelihara hingga dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu yang panjang.

1. Pendahuluan

Kota Pontianak yang merupakan ibu Kota Propinsi Kalimantan Barat memiliki luas areal 107,82 Km² dengan jumlah penduduk berdasarkan sensus penduduk 2003 kondisi tanggal 31 juni 2003 berjumlah 482.365 jiwa, terdiri dari penduduk laki-laki 344.111 jiwa dan penduduk perempuan 238.254 jiwa, dengan angka pertumbuhan 2,68% pertahun.

Jumlah penduduk yang cukup besar terkait dengan penyediaan prasarana dan sarana Kota Pontianak, termasuk didalamnya penyediaan air bersih. Pemerintah Daerah melalui PDAM sudah melakukan upaya penyediaan air bersih tersebut. Namun penyediaan air bersih tersebut belum dapat dinikmati secara luas dan merata seluruh masyarakat, karena kapasitasnya terbatas (tingkat pelayanan \pm 60%, dengan 130 lt/hari/orang). Kekurangan air bersih ini akan lebih terasa terutama pada musim kemarau, karena intrusi air laut disungai Kapuas Kecil dan sungai Landak

yang saat ini merupakan sumber air baku untuk penyediaan air bersih di Kota Pontianak. Dan intrusi air laut tersebut mencapai jarak >30 km ke hulu sungai sehingga kadar garam disungai tersebut jauh melampaui ambang batas yang di persyaratkan untuk air minum, yaitu $\pm 0.6\%$.

Adanya kendala penyusupan air asin terhadap sungai Landak dan sungai Kapuas Kecil terutama pada musim kemarau, menyebabkan pasokan air bersih untuk Kota Pontianak berkurang. Oleh karena itu, instansi terkait setempat telah mengadakan upaya penanganan masalah ini dengan mengadakan Studi penyediaan Air Baku Untuk Keperluan Air Bersih Kota Pontianak hingga tahun 2015 dengan memanfaatkan sungai Ambawang.

Untuk mendapatkan air baku yang layak, PDAM telah menempatkan intake di penepat \pm 52 km dari muara Jungkat. Namun setiap tahun mengalami instruksi air asin, sehingga PDAM bersama Pemerintahan Daerah saat ini sedang

mencari alternatif lokasi intake yang baru. Beberapa alternatif sumber air baku baru yang pernah diusulkan antara lain Danau Lait, Sungai Ambawang dan Sungai Benuah yang termasuk Daerah pengaliran Sungai Ambawang.

2. Tinjauan Teori

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan sehari-hari. Selain dikonsumsi sebagai air minum, mandi, masak, air juga digunakan untuk keperluan bidang pertanian, perikanan, industri, transportasi dan lain sebagainya.

Menurut UU R.I. No. 7 Tahun 2004, Bab I, Pasal 1, ayat 2, air adalah semua air yang terdapat diatas atau dibawah permukaan tanah, termasuk didalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada didarat.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 16 tahun 2005 pasal 1; air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/xi/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan industri terdapat pengertian mengenai Air Bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak.

Kebutuhan akan air bersih bagi manusia semakin meningkat sesuai dengan bertambahnya jumlah penduduk. Penyediaan air bersih untuk mencegah penyakit yang ditularkan melalui air, seperti typhus, kolera, disentri.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan sehari-hari. Selain dikonsumsi sebagai air minum, mandi, masak, air juga digunakan untuk keperluan dalam bidang pertanian, perikanan, industri, transportasi dan lain sebagainya. Seiring dengan laju tingkat pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan air bersih

semangkin meningkat pula. Syarat utama yang harus dimiliki oleh suatu sumber air bersih agar dapat memberikan manfaat secara maksimal maka harus memenuhi persyaratan kualitas, kuantitas dan kontinuitas.

Persyaratan kualitas adalah sumber daya air tersebut harus memenuhi syarat-syarat kesehatan, baik dari segi fisik, kimia maupun mikrobiologi. Persyaratan kuantitas adalah sumber daya air tersebut harus memiliki jumlah yang cukup (dalam hal ini memiliki debit yang besar) untuk dapat memenuhi kebutuhan secara keseluruhan. Sedangkan persyaratan kontinuitas adalah sumber daya air tersebut harus tersedia dalam jangka waktu baik pada saat musim hujan maupun pada saat musim kemarau/kering.

Untuk mengetahui besarnya kebutuhan air bersih pada 20 tahun kedepan, maka dilakukan perhitungan dengan terlebih dahulu melakukan proyeksi jumlah penduduk dengan metoda berikut :

a. Metoda Aritmatik

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o) ; K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(1)$$

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

T_n = tahun ke-n

T_o = tahun dasar

K_a = konstanta aritmatik

P_1 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun i

P_2 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

b. Metoda Geometrik

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots(2)$$

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

r = laju pertumbuhan penduduk

n = jumlah interval tahun

c. Metoda Least square

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(3)$$

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Y = jumlah penduduk pada tahun ke x

n = jumlah interval tahun

a & b = konstanta

Dari metode yang digunakan harus dilakukan pengujian untuk mendapatkan metode yang cocok digunakan. metode proyeksi yang digunakan adalah metode yang memiliki standar deviasi yang terkecil.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n-1}} \text{ untuk } n > 20 \dots\dots\dots(4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n}} \text{ untuk } n < 20 \dots\dots\dots(5)$$

Dalam pengguna Metode Penman, data presipitasi ini merupakan *input* data awal sebelum perhitungan ketersediaan air.

a). Rata-rata aljabar

Cara ini merupakan perhitungan rata-rata hujan secara aljabar biasa, dengan cara menjumlahkan sesuai data yang ada dari sejumlah stasiun hujan untuk waktu tertentu kemudian dibagi dengan jumlah stasiun hujan tadi. Lebih jelasnya diformulasikan sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana,

P = Curah hujan daerah

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan di titik pengamatan

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

b). Cara Poligon Thiessen

Jika titik-titik daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan.

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan;

P = Curah hujan daerah

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan di titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan

c). Cara Isohyet

Persamaan yang digunakan adalah:

$$P = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \dots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}} = \frac{\sum[A\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)]}{\sum A} \dots\dots\dots(8)$$

P = Curah hujan daerah

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan di titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas pengaruh dari sistem pengamatan

Untuk input data hujan dalam penelitian ini di gunakan rata-rata tinggi hujan (mm), karena data yang digunakan merupakan data dari dua stasiun penakar hujan. Dengan metode yang digunakan untuk mencari tinggi hujan rata-rata adalah metode rata-rata aljabar. Metode ini dipilih karena lokasi sumber air baku dan sekitarnya merupakan daerah datar-berbukit-bukit.

Table 1: Nilai Radiasi Matahari pada Permukaan Horizontal di Luar Atmosfir (mm/hari)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lintang Utara												
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4	14.3	15	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
Lintang Utara												
0	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
2	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
4	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14	15	15.7	15.8	15.7
6	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
8	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
10	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Sumber : Cuenca 1989

2.1. Pengukuran Debit

Pada dasar nya pengukuran debit adalah pengukuran luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air.

Rumus umum yang biasa digunakan adalah :

$$Q = \sum (A \times V)$$

Keterangan :

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{det)}$$

$$A = \text{luas bagian penampang basah (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/det)}$$

Dengan demikian pengukuran debit adalah proses pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran, kedalaman dan lebar aliran serta perhitungan luas penampang basah untuk menghitung debit dan pengukuran tinggi muka airnya.

Pengumpulan data penampang sungai (data lebar aliran, kedalaman aliran) dengan maksud untuk mendapatkan luas penampang basah. pengumpulan data penampang sungai dapat dilakukan dengan menggunakan meteran (lebar penampang) dan papan duga (kedalaman aliran $\leq 3\text{m}$) atau alat pemberat (kedalaman $\geq 3\text{m}$).

Pengukuran data kecepatan aliran rata-rata dapat dilakukan dengan cara mengukur kecepatan aliran pada beberapa titik dari beberapa vartikel

pada suatu penampang melintang dengan menggunakan alat ukur arus *currnte meter*. Kecepatan aliran disetiap titik dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling selama periode waktu tertentu. Menurut (Soewarno, 2000), untuk kondisi di Indonesia periode waktu berkisar antara 40-70 detik. Pada umumnya setiap Negara mempunyai aturan yang berbeda-beda dalam penentuan jumlah vertikal. Untuk Indonesia umumnya minimum 20 vertikal. Pengukuran yang dapat dilakukan meliputi pengukuran pulang dan pengukuran pergi, namun penentuan jumlah pias ini biasanya dilakukan berdasarkan kondisi lapangan.

Pengukuran debit lapangan untuk penelitian ini bervariasi, tergantung kondisi sumber air baku. Untuk Danau Lait dan Sungai Ambawang di titik Ambawang Kuala, pengukuran dilakukan 20 titik vertikal. Sedangkan sumber air baku lait dilakukan pada 3 titik vertikal, yakni dengan membagi penampang sungai menjadi 3 (tiga) pias, $\frac{1}{4}$ L, $\frac{1}{2}$ L, dan $\frac{3}{4}$ L. Pada masing-masing pias dilakukan pengukuran pulang dan pergi pada kedalaman 0,6 kedalaman aliran.

2.2. Penentuan Skala Prioritas Sumber Air Baku yang dikembangkan

Untuk menentukan skala prioritas sumber air baku yang dikembangkan pada daerah penelitian yakni Kabupaten Sanggau dan Kabupaten Sekadau dilakukan dengan pendekatan **Multi Criteria Decision Maker** (MCDM) atau **Pengambilan Keputusan Dengan Kriteria Majemuk** (PKKM).

Pemilihan ketepatan metodologi analisi keputusan PKKM tergantung dari banyak faktor, antara lain, sifat masalah, karakteristik pengambilan keputusan, ketersediaan perangkat lunak, dan kesederhanaan/kemudahan penggunaan metodologi. Metode PKKM pada prinsipnya harus mampu memberikan solusi terhadap persoalan PKKM untuk satu atau lebih dari persyaratan permasalahan:

- a. Pemilihan alternatif terbaik;
- b. Pembuatan klasifikasi alternatif;
- c. Urutan (*rank*) alternatif dari yang terbaik sampai dengan yang terburuk;
- d. Menggambarkan persoalan..

Ada beberapa metode MCDM atau PKKM, diantaranya adalah metode **Analitycal hierarchy Process** (AHP). Proses analisis hirarki (*The analytic Hierarchy Procces*) dikembangkan pertama kali pada tahun 1971 Oleh Thomas L. Saaty, seorang pakar matematis dari University of Pittsburg Amerika Serikat.

Penggunaan metode ini adalah untuk membantu proses pengambilan keputusan. Keunggulan AHP terletak pada kemampuannya mendukung proses pengambilan keputusan dimana masalah yang dihadapi merupakan sistem yang kompleks dan tak berkerangka. Menurut Saaty, 1993, metode **Analytic Hierarchy Process** (AHP) merupakan suatu kerangka berfikir yang komprehensif dalam proses pengambilan keputusan dengan pertimbangan proses hirarki yang kemudian dilakukan perhitungan bobot untuk masing-masing elemen. *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah teknik pengambilan keputusan dengan multikriteria yang memakai faktor subjektif dan objektif untuk memilih alternatif terbaik dalam mengambil keputusan tersebut. Sejak dibuat AHP telah diterapkan secara luas dalam praktek-praktek terapan di berbagai bidang seperti teknik, kesehatan, ekonomi dan sebagainya. AHP adalah salah satu dari banyak

metode pengambil keputusan yang ada yang sangat populer saat ini. Metode Analisis Hirarki pada dasarnya memuat langkah langkah berikut ini (Saaty, 1980) :

Tahap 1 : Mendefinisikan masalah dan menentukan secara spesifik solusi yang diinginkan
 Tahap 2 : Menyusun hirarki dimulai dengan tujuan/goal (objective) yang umum, diikuti oleh sub-sub tujuan, kriteria, dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan hirarki paling bawah. Jadi dimulai dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan tingkat-tingkat hirarki perantara hingga dicapai suatu tingkat dimana pada tingkat tersebut memecahkan masalah yang ada.

Tahap 3 : Membangun matriks perbandingan pasangan yang mempunyai kontribusi relatif atau pengaruh pada masing-masing elemen pada masing-masing tujuan atau kriteria yang dikembangkan pada tingkat yang lebih tinggi. Perbandingan berpasangan dilakukan dengan menentukan tingkat kepentingan suatu komponen terhadap komponen lainnya.

Tahap 4 : Melakukan perbandingan pasangan sehingga diperoleh penilaian (*judgement*) seluruhnya sebanyak $[n(n-1)]/2$ buah, dimana n ialah banyaknya komponen yang dibandingkan.

Tahap 5 : Setelah data perbandingan pasangan terkumpul, kemudian dihitung nilai prioritas (*eigen value*) dan diperiksa konsistennya. Jika konsistennya $>10\%$ maka ini dinyatakan tidak konsisten sehingga pengambilan data harus diulang kembali.

Tahap 6 : Mengulang tahap 3,

Tahap 7 : Menghitung eigen vektor dari setiap matriks perbandingan pasangan diatas, dimana nilai vektor eigen merupakan bobot setiap komponen.

Tahap 8 : Memeriksa konsistensi hirarki. Jika nilainya $\leq 10\%$, maka kualitas data penilaian hirarki telah konsisten dan memenuhi syarat.

Tahap terpenting dari proses analisi hirarki adalah penilaian perbandingan pasangan yang pada dasarnya merupakan perbandingan tingkat kepentingan antar komponen (*elemen*) dalam suatu tingkat hirarki. Penilaian dilakukan dengan cara membandingkan sejumlah kombinasi kuantitatif untuk mengetahui besarnya bobot setiap elemen.

Thomas. L. Saaty telah menyusun tabel skala perbandingan pasangan seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut;

Tabel 2. Skala Perbandingan Pasangan

Intensitas Kepentingan	Definisi Verbal	Penjelasan
1	Sama pentingnya	Kedua elemen memberikan kontribusi yang sama
3	Lebih penting	Penilaian sedikit memihak pada sebuah elemen dari elemen lainnya
5	Tingkat kepentingan yang kuat atau esensial	Penilaian secara kuat memihak pada sebuah dari elemen lainnya
7	Tingkat kepentingan yang jelas lebih kuat	Suatu elemen secara kuat disukai dan dominan
9	Tingkat kepentingan yang mutlak	Suatu elemen mutlak dominan dari elemen yang lain
2, 4, 6, 7	Nilai-nilai tengah diantara nilai 3, 5, 7, 8	Diberikan bila diperlukan kompromi antara dua penilaian
Kebalikan dari Nilai diatas	Bila komponen ini mendapat salah satu nilai diatas (non zero) saat dibandingkan dengan elemen j, maka elemen j memiliki nilai kebalikannya saat dibandingkan dengan i.	

Sumber : Saaty, 1993

2.3. Analisa Debit Lapangan

Untuk menghitung debit pengukuran dilakukan dengan mengkompilasikan data penampang sungai dan data kecepatan aliran rata-rata.

Untuk sumber air baku yang kedalaman aliran ≥ 0.76 m, kecepatan aliran (v) diukur pada kedalaman 0,2; 0,6; 0,8 kedalaman, sedangkan sumber air baku yang memiliki kedalaman aliran < 0.76 m pengukuran hanya dilakukan pada 0,6 kedalaman.

Untuk pengukuran 0,2; 0,6; 0,8 kedalaman (tiga titik), nilai v dicari dengan rumus;

$$V = \frac{1}{2} \times \left[0,6 + \left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \right) \right]$$
, sedangkan untuk pengukuran satu titik (0,6 kedalaman) $v = V_{0,6}$

2.4. Pengolahan Data Untuk Mendapatkan Debit Lapangan

Pengolahan data untuk mendapatkan nilai kualitas air di beberapa Sumber Air Baku ini dilakukan dengan menggunakan metode Mock. Perhitungan debit ini dilakukan tiap-tiap bulan dalam satu tahun pengamatan. Perhitungan

debit bulanan rata-rata dengan metode Mock dibuat dalam *spreadsheet*. Adapun langkah-langkah dalam perhitungan Metode Mock ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah tinggi hujan harian dalam satu bulan (mm/bulan). Jumlah hari hujan dalam satu bulan (N).
- Jumlah hari dalam satu bulan (N).
- Input data Evapotranspirasi berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya.
- Exposed Surface (m), yaitu proporsi permukaan luar yang tidak tertutupi tumbuhan hijau pada musim kering.
- Hitung : $\Delta E / EP_m (\%) = (m/20) \times (18 - n)$
- Hitung : $\Delta E \text{ (mm/bulan)} = EP_m \times (m/20) \times (18 - n)$
- Evapotranspirasi actual (E_a), merupakan selisih antara evapotranspirasi potensial dengan ΔE .
- Selisih antara jumlah curah hujan bulanan dengan evapotranspirasi aktual atau $P - E_a$ (mm/bulan).

- Jika tidak dimiliki data mengenai keadaan vegetasi dilokasi yang ditinjau maka nilai kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity* = SMC) mempunyai harga maksimum 200 mm/bulan. ada dua keadaan untuk menentukan SMC ini, yaitu :
 1. SMC = 200 mm/bulan, jika $P - Ea \geq 0$
 2. SMC = SMC bulan sebelumnya + $(P - Ea)$, jika $P - Ea < 0$
 - ISMS (*Initial soil moisture storage*)
 - Tampungannya kelembaban tanah (*soil moisture storage* = SMS), dihitung sebagai berikut :

$$SMS = ISMS + (P - Ea)$$
 - dimana : ISMS = merupakan soil moisture capacity (SMC) bulan sebelumnya (mm/bulan)
 - Soil storage (SS), yaitu kemampuan tanah untuk menyimpan air. Soil storage ditentukan sebagai berikut :
 - Koefisien infiltrasi (if), ditentukan berdasarkan kondisi porositas dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang poros umumnya mempunyai koefisien yang cenderung lebih besar, namun jika kemiringan tanahnya terjal dimana air tidak sempat mengalami proses infiltrasi kedalam tanah maka koefisien infiltrasinya bernilai kecil. Nilai maksimum koefisien infiltrasi adalah 1. Nilai ini bervariasi tiap bulan. Untuk perhitungan ini koefisien infiltrasi diasumsikan berdasarkan probabilitas curah hujannya. Nilai infiltrasi berkisar antara 0,01 s/d 1.
 - Besarnya infiltrasi (In), yaitu water surplus dikalikan dengan koefisien infiltrasi.
 - Konstanta resesi aliran (K), adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada sebelumnya merupakan bulan basah. Konstanta resesi aliran (K) merupakan salah satu parameter Mock. Dalam perhitungan ini, nilai K diasumsikan berdasarkan probabilitas curah hujannya. Nilai K berkisar antara 0,01 s/d 1.
 - Percentage Factor (PF), merupakan presentase hujan yang menjadi limpasan. Digunakan dalam perhitungan storm run off pada perhitungan total runoff. Storm run off hanya dimasukkan kedalam total run off, bila $P < 300$ mm/bulan. Besarnya oleh Mock disarankan berkisar 5% - 10%, namun tidak
1. Jika pada bulan yang bersangkutan nilai $P - Ea$ bernilai positif atau SMC bernilai 200mm/bulan (maksimum) maka soil storage bernilai 0 (nol, artinya air tidak disimpan dalam tanah).
 2. Jika $P - Ea$ bulan yang bersangkutan bernilai negatif maka soil storage sama dengan $P - Ea$ ini.
- Water surplus (WS), yaitu presipitasi yang telah mengalami evapotranspirasi dan disimpan dalam tanah. Water surplus tersedia ketika SMC terpenuhi, atau tidak ada soil storage. Asumsi yang dipakai oleh Mock adalah bahwa air memenuhi SMC terlebih dahulu sebelum water surplus tersedia untuk infiltrasi yang lebih dalam atau mengalami direct run off. Water surplus dihitung sebagai berikut :

$$WS = (P - Ea) + SS.$$
- menutupi kemungkinan untuk meningkat secara tidak beraturan sampai harga 37,3%.
- Hitung : $\frac{1}{2} * (1+K) * In$.
 - Hitung : $K \times Gsom$, dimana Gsom adalah *ground waterstorage* bulan sebelumnya, nilai ini diasumsikan sebagai data awal, dengan anggapan bahwa water balance merupakan siklus tertutup yang nilai akhir tahun. Untuk perhitungan tahun pertama nilai Gsom pada bulan Januari sama dengan nilai GS pada bulan Desember di tahun yang sama. Nilai Gsom pada bulan Februari sama dengan nilai GS pada bulan Januari dan seterusnya.
 - Groundwater storage (GS), dihitung dengan persamaan :

$$GS = \{0,5 \times (1+K)xi\} + \{K \times Gsom\}$$
 - Perubahan *groundwater storage* (ΔGS), yaitu nilai groundwater storage bulan yang bersangkutan dikurangi nilai groundwater storage sebelumnya.
 - Base flow (BF), merupakan besar infiltrasi yang dikurangi perubahan groundwater storage.
 - Direct run off (DRO), merupakan water surplus yang telah mengalami infiltrasi.
 - Storm run off (SRO), dihitung sebagai berikut :
 1. Jika $P \geq 200$ mm/bulan, maka nilai storm run off = 0.

2. Jika $P \leq 200$ mm/bulan, maka nilai storm run off = $P \times PF$.

- Total run off (TRO), jumlah data base flow + direct run off + storm run off.
- Luas cathment area, yaitu luas daerah tangkapan air untuk lokasi studi.
- Stream flow atau aliran sungai, yaitu besarnya debit hasil perhitungan (calculator discharge), merupakan perkalian antara total run off dengan luas catchment area.

Debit hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan debit hasil pengukuran sebagai verifikasi. Dari hasil proses verifikasi,

bentuk perhitungan ini sangat ideal dimana kedua nilai debit adalah sama, tidak ada kesalahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Saat dilakukannya survey lapangan, penulis melakukan pekerjaan pengukuran hidrometri pada sumber air baku yang ditinjau. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 0,6 h. Pada survey tersebut diukur lebar penampang basah sumber air baku (b) dan kedalaman aliran (d). Untuk contoh perhitungan diambil sumber air baku Danau Lait.

Pada pengukuran di Danau Lait, dilakukan pengukuran kecepatan aliran pada 20 titik vertikal. Hasil yang diperoleh seperti berikut;

Tabel 3. Hasil Kompilasi Pengukuran Lapangan untuk Mendapatkan Nilai debit lapangan (m^3/det)

No	Jarak Vertikal x dari Titik Tetap (bx) m	Jarak Vertikal Sebelum Titik x dari Titik Tetap (bx-1) m	Jarak Vertikal Sesudah Titik x dari Titik Tetap (bx+1) m	Dalam	Kecepatan di vertikal (v m/det)	Q (m^3/det)
1	2	3	4	5	6	7
0	0			0		
1	30.25	15.125	45.375	0.72	0.08	0.871
2	60.5	45.375	75.625	0.83	0.07	0.879
3	90.75	75.625	105.875	1.44	0.09	1.96
4	121	105.875	136.125	1.83	0.084	2.325
5	151.25	136.125	166.375	1.95	0.091	2.684
6	181.5	166.375	196.625	2.1	0.077	2.446
7	211.75	196.625	226.875	2.23	0.075	2.53
8	242	226.875	257.125	2.45	0.08	2.965
9	272.25	257.125	287.375	2.53	0.082	3.138
10	302.5	287.375	317.625	2.71	0.09	3.689
11	332.75	317.625	347.875	3	0.11	4.991
12	363	347.875	378.125	2.96	0.1	4.477
13	396.25	378.125	408.375	2.76	0.101	4.216
14	423.5	408.375	438.625	2.6	0.1	3.933
15	453.75	438.625	468.875	2.32	0.091	3.193
16	484	468.875	499.125	2.24	0.093	3.151
17	514.25	499.125	529.375	2.26	0.082	2.803
18	544.5	529.375	559.625	1.98	0.081	2.426
19	574.75	559.625	589.875	1.43	0.082	1.774
20	605					
Kecepatan aliran rata-rata			0.0873	Q Total		54.449

Sumber : Tesis Leo Pessy Tahun 2008

Keterangan hasil perhitungan tabel diatas seperti berikut;

1. Kolom 1 merupakan no titik pengamatan
2. Kolom 2 merupakan jarak vertikal x dari titik tetap 0 (bx), hasil pengukurannya
3. Kolom 3 merupakan jarak vertikal sebelum titik x (pada $\frac{1}{2} bx$) dari titik tetap 0 (bx-1), hasil kompilasi data bx

4. Kolom 4 merupakan jarak vertikal sesudah titik x (pada $\frac{3}{2} bx$) dari titik tetap 0 (bx+1), hasil kompilasi data bx
5. Kolom 5 merupakan hasil pengukuran kedalaman aliran pada as antara titik (pada $\frac{1}{2} bx$)
6. Kolom 6 merupakan hasil pengukuran kecepatan aliran dengan alat ukur

7. Kolom 7 merupakan hasil pengukuran dengan rumus: $Qx = Vxdx \frac{b(x-1)-b(x-1)}{2}$
 Sehingga didapat besarnya debit lapangan untuk sumber air baku Danau Lait 54,449

m³/detik. Cara yang sama dilakukan untuk sumber air baku lainnya, sehingga didapat hasil seperti berikut;

Tabel 4. Debit Lapangan Sumber Air Baku Yang Ditinjau (m³/det)

Nama Sumber Air Baku	Lokasi	Kedalaman Rata-rata (m)	Kecepatan Aliran Rata-rata (m/det)	Debit (m ³ /det)
Danau Lait	Desa Subah, Tayan Hilir	2.12	0.087	54.449
S. Benuah	Desa Benuah, Tayan Hilir	0.55	0.094	0.043
S. Bawas	Teluk Bakung, S. Ambawang	1.41	0.084	0.869
S. Ambawang	Pancaroba, S. Ambawang	3.31	0.133	3.291
S. Ambawang	Lingga, S. Ambawang	4.88	0.153	17.428
S. Ambawang	Korek, S. Ambawang	8.38	0.158	24.875
S. Ambawang	Simpang Kiri, S. Ambawang	5.26	0.272	27.332
S. Ambawang	Ambawang Kuala, S. Ambawang	7.99	0.203	78.732

Sumber : Tesis Leo Pessy Tahun 2008

Dari hasil analisa laboratorium terhadap sampel air yang ada, ternyata ada beberapa parameter yang melebihi ambang batas yang diijinkan oleh standar baku yang ada, sedangkan unsur mercury (Hg) walaupun masih di bawah ambang batas, namun di semua lokasi yang ditinjau terdeteksi adanya unsur tersebut.

Tabel 5. Parameter Kualitas Air Yang Melebihi Ambang Batas Baku mutu Yang Ditetapkan Di Tiap Sumber Air Baku Yang Ditinjau

Lokasi	Parameter						
	Fisika		Kimia Anorganik				
	Turbidity (NTU)	Warna (TCU)	Fe (mg/l)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Lait		83	2			4	26
Benuah	154	118	5.4	3	7.54	11.53	236.56
Bawas	111	75	6	3	11	13.4	250.56
Pancaroba	112	120	1.13	4	8	12.2	200.2
Lingga	45		1.67	4	8.2	11.5	197
Korek	41		1.13	4	7.4	11.2	195.4
Simpang Kiri	57		0.993	4	7.5	12.3	201.4
Ambawang Kuala	54		0.719				

Sumber : Hasil Analisa Unit Labolatorium Kesehatan, RSUD dr. Sudarso

3.1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Kependudukan merupakan aspek terpenting dalam perencanaan, baik sabagai objek maupun subjek dalam pertumbuhan suatu Kota. Untuk melihat sejauh mana perkembangan penduduk Kota Pontianak selama 20 tahun perencanaan mulai tahun 2011, maka dibutuhkan proyeksi penduduk sampai dengan tahun 2031 dengan melihat pertumbuhan yang telah berjalan sebelumnya.

Perkiraan jumlah penduduk pada tahun perencanaan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan harus merupakan metode yang paling sesuai dengan kondisi daerah perencanaan. Dalam memperkirakan jumlah penduduk beberapa metode proyeksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode aritmatika, geometrik dan *least square*.

Jalannya perhitungan seperti berikut :

- Kumpulkan data penduduk dalam beberapa kurun waktu terakhir, dalam hal ini data jumlah penduduk Kota Pontianak dari tahun 2003 sampai dengan 2010.
- Lakukan perhitungan mundur jumlah penduduk untuk tiap metode.

Tabel 6. Perhitungan Persentase Pertumbuhan Penduduk

Rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2003-2010 adalah

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	%
2003	482365		
2004	487058	4693	0.97%
2005	493203	6145	1.26%
2006	510687	17484	3.54%
2007	520465	9778	1.91%
2008	536809	16344	3.14%
2009	544097	7288	1.36%
2010	550297	6200	1.14%
Jumlah		67932	13.33%

Sumber :Hasil Perhitungan

$$Ka = \frac{(P_{2010} - P)}{(2010 - 2003)} = \frac{67932}{7} = 9704,57$$

persentase pertambahan penduduk rata-rata per tahun :

$$r = \frac{13.33\%}{7} = 1.90 \%$$

Lakukan perhitungan mundur terhadap jumlah penduduk :

$$P_0 = P_n - K_a (T_n - T_0)$$

Untuk tahun 2003 ; didapat perkiraan jumlah penduduk :

$$P_{2003} = P_{2010} - ((9704,57 \times (2010 - 2003))) \\ = 550.297 - ((9704,57 \times (2010 - 2003))) = 482.365 \text{ jiwa}$$

1. Metode Aritmatik

Rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2003-2010 adalah

$$Ka = \frac{(P_{2010} - P)}{(2010 - 2003)} = \frac{67932}{7} = 9704,57$$

persentase pertambahan penduduk rata-rata per tahun :

$$r = \frac{13.33\%}{7} = 1.90 \%$$

Lakukan perhitungan mundur terhadap jumlah penduduk :

$$P_0 = P_n - K_a (T_n - T_0)$$

Demikian juga untuk perhitungan tahun-tahun lainnya, sehingga didapat perkiraan jumlah penduduk berdasarkan perhitungan mundur menggunakan metode aritmatik dan hasil selengkapnya seperti tabel berikut :

Untuk tahun 2003 ; didapat perkiraan jumlah penduduk :

$$P_{2003} = P_{2010} - ((9704,57 \times (2010 - 2003))) \\ = 550.297 - ((9704,57 \times (2010 - 2003))) = 482.365 \text{ jiwa}$$

Demikian juga untuk perhitungan tahun-tahun lainnya, sehingga didapat perkiraan jumlah penduduk berdasarkan perhitungan mundur menggunakan metode aritmatik dan hasil selengkapnya seperti tabel berikut :

Tabel 7. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2003	482365
2004	487058
2005	493203
2006	510687
2007	520465
2008	536809
2009	544097
2010	550297

Sumber : Hasil Perhitungan

$$P_{2003} = \frac{P_{2010}}{(1+r)^{(2010-2003)}} = \frac{550297}{(1+0.019)^7} = 482.217 \text{ jiwa}$$

Demikian juga untuk perhitungan tahun-tahun lainnya, sehingga didapat perkiraan jumlah penduduk berdasarkan perhitungan mundur menggunakan metode geometrik dari hasil selengkapnya seperti table berikut ;

2. Metode Geometrik

Rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2003 – 2010 adalah :

$$Ka = \frac{P_{2010} - P_{2003}}{(2010 - 2003)} = \frac{67932}{7} = 9704,57$$

Lakukan perhitungan mundur terhadap jumlah penduduk

$$P_n = P_0 (1 + r)^n$$

$$P_0 = \frac{P_n}{(1+r)^n}$$

Untuk tahun 2003; didapat perkiraan jumlah penduduk ;

Tabel 8. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk Metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2003	482217
2004	491401
2005	500760
2006	510297
2007	520016
2008	529919
2009	540012
2010	550297

Sumber : Hasil Perhotungan

3. Metode Least Square

Terlebih dahulu tentukan nilai koefisien a dan b berdasarkan data

Tabel 9. Kompilasi Data Untuk Perhitungan Koefisien a dan b

Tahun	Tahun Ke	Jumlah Penduduk (Jiwa)	XY	X2
	X	Y		
2003	1	482365	482365	1
2004	2	487058	974116	4
2005	3	493203	1479609	9
2006	4	510687	2042748	16
2007	5	520465	2602325	25
2008	6	536809	3220854	36
2009	7	544097	3808679	49
2010	8	550297	4402376	64
Jumlah	36	4124981	19013072	204

Sumber : Hasil Perhitungan

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(4.124.981 \times 204) - (36 \times 19.013.072)}{(8 \times 204) - 36^2}$$

$$467.337,8929$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$= \frac{(8 \times 19.013.072) - (36 \times 4.124.981)}{(8 \times 204) - 36^2}$$

$$= 10.729,94048$$

Maka, $Y_{2003} = 467.337,8929 + (10.729,94048 \times (2000 - 2000)) = 467.337,8929$ jiwa

$$= Y_{2004} = 478.067,8333 + (10.729,94048 \times (2001 - 2000)) = 488.797,7738 \text{ jiwa}$$

Demikian juga untuk perhitungan tahun-tahun lainnya, sehingga didapat perkiraan jumlah penduduk berdasarkan perhitungan mundur menggunakan metode *Least Square* dan hasil selengkapnya seperti tabel berikut :

Lakukan perhitungan mundur terhadap jumlah penduduk $Y = a + b \cdot X$

Tabel 10. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk Metode Least Square

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2003	467337
2004	478067
2005	488797
2006	499527
2007	510257
2008	520987
2009	531717
2010	542447

Sumber : Hasil Perhitungan

Hitungan harga korelasi dari hasil perhitungan mundur terhadap data penduduk.

Hasil selengkapnya perhitungan mundur dari ketiga metode beserta korelasinya seperti berikut :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Mundur Dan Penentuan Korelasi Tiga Metode Untuk Menentukan Proyeksi Jumlah Penduduk

Tahun	Hasil Perhitungan Mundur									
	Penduduk (Jiwa)	Aritmatik			Geometrik			Least Square		
		Yi	Yi1 - Yi1	(Yi1 - Yi1)2	Y1	Yi1 - Yi1	(Yi1 - Yi1)2	Yi	Yi1 - Yi1	(Yi1 - Yi1)2
2003	482365	490263	25359.625	643110580.1	482.217	33.397875	1115.418055	467.337	37.555	1410.378025
2004	487058	498839	16783.625	281690068.1	491.401	24.213875	586.3117425	478.067	26.825	719.580625
2005	493203	507416	8206.625	67348693.89	500.76	14.854875	220.6673113	488.797	16.095	259.049025
2006	510687	515992	-369.375	136437.8906	510.297	5.317875	28.27979452	499.527	5.365	28.783225
2007	520465	524568	-8945.375	80019733.89	520.016	-4.401125	19.36990127	510.257	-5.365	28.783225
2008	536809	533144	-17521.38	306998581.9	529.919	-14.30413	204.607992	520.987	-16.095	259.049025
2009	544097	541720	-26097.38	681072981.9	540.012	-24.39713	595.2197083	531.717	-26.825	719.580625
2010	550297	550297	-34674.38	1202312282	550.297	-34.68213	1202.849795	542.447	-37.555	1410.378025
Jumlah	4124981	4162239		3262689359	4124.919		3972.724299	4039.136		4835.5818
Rata2	515623	520279.88		407836169.9	515.61488		407836169.9	504.892		604.447725
Korelasi (r)				0.989927196			0.990013028			0.98992859

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Penutup

Dari hasil survey lapangan dan kajian yang dilakukan diambil kesimpulan bahwa :

1. Kualitas sumber air baku yang ditinjau dipengaruhi juga oleh jenis tanah yang pada dasar sumber air baku di lokasi studi. Sedangkan sebagian besar jenis tanah adalah tanah liat, sehingga mengakibatkan berkurangnya kualitas beberapa parameter kualitas air seperti turbidity dan warna. Selain itu karena adanya lapisan tanah gambut pada lokasi sekitar sumber air baku, mengakibatkan unsur pH, Fe, dan Warna di sumber air baku yang ditinjau kualitasnya menurun (tidak memenuhi standar air baku yang ditinjau kualitasnya menurun (tidak memenuhi standar/syarat yang diijinkan). seperti yang terdapat pada Sungai Ambawang. Untuk mengatasi rendahnya pH maka diperlukan suatu unit pengolahan dengan menggunakan pembubuhan dengan Kapur Tohor yang sebelumnya sudah dilakukan percobaan penentuan dengan kombinasiproses Aerasi dan saringan pasir kering (*dry filter*) yang telah diaktifkan dengan KM_nO_4 .
2. Penurunan kualitas sumber air baku juga dipengaruhi oleh adanya pemukiman, industri dan pengembangan kawasan. Hal ini dapat dilihat dari hasil pemeriksaan laboratorium terhadap unsur DO, BOD dan COD, dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, ketiga unsur tersebut tidak memenuhi standar baku yang diijinkan. Untuk mengatasi rendahnya kadar DO dalam air maka diperlukan suatu pengolahan dengan prinsip turbulensi sehingga penyerapan suatu udara dapat menjadi lebih intensif, sedangkan BOD air akan dikurangi sampai mencapai suatu nilai yang besarnya tergantung pada jumlah air pengencer dan BOD air sungai.
3. Dari hasil skala prioritas dengan menggunakan metode *Multi Decision Maker* (MCDM) (*Analytical Hierarchy Process* (AHP)), sumber air baku yang layak untuk dikembangkan bagi penduduk Kota Pontianak adalah Sungai Ambawang. PEMDA Kalimantan Barat melalui Sub Dinas Sumber Daya Air tahun 2006 telah mengadakan desain terhadap Danau Lait sebagai sumber air baku yang akan dimanfaatkan.

Daftar Pustaka

BMG Siantan Pontianak “**Data Klimatologi Bulanan**”.

Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Pontianak.

Linsley, Ray K., Fransini, Joseph B., Djoko Sangsongko, “**Teknik Sumber Daya Air**” Penerbit Erlangga, Jakarta 1985.

Nurhayati, 1995, “**Mengusulkan lokasi alternatif yang memenuhi syarat sebagai sumber air baku optimum bagi PDAM Kota Pontianak yakni Desa Korek.**”, Pontianak.

NSPM KIMPRASWIL ; *Pedoman/Petunjuk dan Manual edisi pertama, Desember 2002, Bagian 6 (volume I); 84*

NSPM KIMPRASWIL ; *Pedoman/Petunjuk dan Manual edisi pertama, Desember 2002, Bagian 6 (volume II dan III); 24*

Soemarto , 1995, “**Hidrologi Teknik**”, Penerbit Erlangga.

Soewarno, 1991, “**Hidrologi : Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)**”, Penerbit : Nova, Bandung.

Soewarno, 2000, “**Hidrologi Operasi**”, Jilid 1, Penerbit : Nova, Bandung.

Suyono sosrodarsono, 1987, “**Hidrologi Untuk Pengairan**”, Penerbit : PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Sri legowo, 2000, “**Sumber air baku optimum bagi PDAM Kota Pontianak yakni Desa Lingga**”, Pontianak.

Soeryamassoeka, 2001, “**Desa Korek dan Desa Lingga di Kecamatan Sungai Ambawang sebagai sumber air baku optimum bagi PDAM Kota Pontianak**”.

Biografi

Dedi Kurniawan, lahir di Pontianak, Kalimantan Barat, tanggal 26 Oktober 1983. Menempuh Pendidikan Sarjana Teknik di Universitas Tanjungpura sejak tahun 2007 Jurusan Sipil program studi Teknik Sipil..